

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：32612

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26560356

研究課題名(和文) 潜在学習を考慮した知覚運動スキルトレーニングシステムの開発

研究課題名(英文) Development of perceptual-motor training system considering implicit learning in sports

研究代表者

加藤 貴昭 (KATO, Takaaki)

慶應義塾大学・環境情報学部・准教授

研究者番号：30365481

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の主題は、各種スポーツ競技において迅速かつ正確な身体運動反応が必要とされる場面を対象とし、競技者の知覚運動スキルの評価を行い、訓練するためのトレーニングシステムの開発を行うことである。またその際に様々な熟練競技者の有する知覚運動スキル特性について検証し知見を深めると共に、潜在学習に主眼を置いた新たな運動学習方略としてアナロジーの利用方法について検討し、熟達化プロセスについて考察を行った。

研究成果の概要(英文)：This study focused on the athletes in various sports under severe conditions in order to investigate their perceptual-motor skills and develop its training system. The perceptual-motor skill of experts was discussed, and utilization of analogy considering implicit learning and process of expertise was examined.

研究分野：スポーツ心理学

キーワード：知覚運動スキル 眼球運動 アナロジー

1. 研究開始当初の背景

これまでもスポーツ競技を含む多くの身体運動においては、視覚情報処理をはじめとする人間の情報入力側の側面に注目した研究が多く行われており、特に近年は「知覚スキル」をキーワードとし、競技者の眼球運動測定、刺激映像の遮蔽加工技術や光点表示技術の活用、意思決定の際の言語報告といった手法が良く用いられている (Hodges & Williams, 2012; Vickers, 2007; Williams et al., 1999)。一方、人間の情報出力側の側面である「運動スキル」については、生理学およびバイオメカニクスといった学問領域で中心的に取り扱われてきており、運動制御の観点から議論されている。しかしながら、実際の競技場面において求められるスキルについては、情報の入力もしくは出力といった一側面ではなく、両者の協調関係を包括的に捉えた、「知覚運動スキル」の観点が重要となるが、知覚と運動の両者からスキルを議論している研究は極めて少なく、今後の研究課題として指摘されている (Williams et al., 2009)。

また、所謂「スポーツビジョン」と呼ばれる視機能に関しては、アメリカでのオプトメトリスト(視覚機能検査師)により静止視力、動体視力、深視力、瞬間視といった視覚系ハードウェアに関する事例報告がなされており、我が国でも特に「動体視力」といった表現は一般的にも浸透している。しかしながら、スポーツ競技の熟練者を対象とした近年の研究ではスポーツビジョンとパフォーマンスとの間には相関が見られず(例えば Abernethy et al., 1994)、研究者の興味は視覚系ハードウェアではなくソフトウェア(情報処理機能や知識構造)に向けられている (Hodges & Williams, 2012; Williams et al., 2009)。さらに最近行われた日本視覚学会においてもスポーツにおける視覚に関するシンポジウムが開かれ、申請者も登壇して議論を行ったが、特に現在浸透している「動体視力」とは単純に高速な追従眼球運動を有することとほぼ同義であり、身体運動を支える本質的なスキルとしての機能には至らないとの意見が大半であった(加藤, 2013)。

2. 研究の目的

本研究の主題は、各種スポーツ競技において迅速かつ正確な身体運動反応が必要とされる場面を対象とし、競技者の知覚運動スキルの評価を行い、訓練するためのトレーニングシステムの開発を行うことである。またその際に様々な熟練競技者の有する知覚運動スキル特性について検証し知見を深めると共に、潜在学習に主眼を置いた新たな運動学習方略としてアナロジーの利用方法につい

て検討し、熟達化プロセスについて考察を行う。

本研究はこれまで中心に行われてきた単純なボタン押し反応である机上での知覚トレーニングから脱却し、より生態学的妥当性の高い知覚運動スキルトレーニングシステムの開発を行うことを目指した。特に、単に高速な眼球運動を行うことがパフォーマンスの向上に繋がるとする従来の「動体視力」に対する俗説に対して、知覚と運動の連携、すなわち「見てから素早く正確に反応する」ことを主眼としたスポーツ競技者にとってより重要な知覚運動スキルの重要性について主張を行うことも本研究の大きなチャレンジである。

さらにこの知覚運動スキルを獲得するための学習方略として、近年、運動学習の分野において注目されている潜在学習 (Implicit Learning) に注目し、方法論の一つとしてアナロジー (analogy) の利用を採用し、本トレーニングシステムでの熟達化過程について検討を行う。従来、スポーツ競技をはじめとする身体運動の学習においては、所謂言語教示による顕在学習 (Explicit Learning) が主な研究課題となっていたが、最近の研究結果からは顕在学習の堅牢性や適応性の問題が指摘されており、学習者への過度な認知負荷を与えない、潜在学習の効果に注目が集まってきている。例えば Masters (2008) はバスケットボールのフリースローの事例研究で、ある熟練者は「棚の上に置いてあるクッキーの瓶に手をつっこむ」ようにボールを投げるといったアナロジーを利用していることを示しており、このようなアナロジーが初心者の運動学習にも効果があることが報告されている (Liao et al., 2001; Lam et al., 2009)。

3. 研究の方法

課題1である、知覚運動スキルトレーニングシステムの開発と評価においては、まず各種スポーツ競技場面において知覚運動スキルが最も発揮される場面の選定を行った。具体的には高度オープンスキルおよび中低度オープンスキル、さらにはクローズドスキルのタスク場面を対象とした。次にトレーニングシステムとして必要となる計測機器および大型スクリーン刺激呈示機器について検証を行うため、これまでの申請者らによる研究成果をもとに、具体的には高精度なモーションキャプチャシステムと簡易・可搬性に優れたモーションキャプチャシステムの比較と、各システムと眼球運動計測装置との連携について考察を行い、より生態学的妥当性の高いシミュレーション環境のシステム構築を目指した。

課題2である、熟練競技者に共通する知覚運動スキル特性の検討においては、課題1で構築したシステムを活用し、熟練競技者に共通する特性について、主に伝統的な日本武術に伝わる『遠山の目付』に注目して考察を行った。

課題3である、潜在学習による知覚運動スキル獲得のための新たな学習方略の検討においては、方法論の一つとしてアナロジー(analogy)の利用を採用することとし、過大な意識処理による身体運動の障害を省き、いわゆる「身体が勝手に反応する」ことについて検討を行った。特にクローズドスキルとして適当なタスクとなるダーツ投げ動作に着目し、実際のプロのダーツ選手(国内大会優勝者を含む)数名を対象とした予備実験の結果から、主に競技現場にて用いられている「紙飛行機を投げるようにダーツを投げる」というアナロジー教示を採用し、初心者の方のスキル獲得のための潜在学習方略について検討を行った。

4. 研究成果

課題1においては、主な競技タスクとしてサッカー等のゴールキーピング動作、剣道の対峙などを取り上げ、まずは高精度なモーションキャプチャシステムと眼球運動計測装置との連携について、実際の試合を模擬したタスク条件を設定し、計測環境について検討を行った。

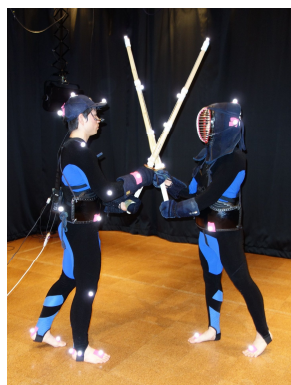


図1： 剣道の対峙場面の実験状況

2名の被験者の身体運動と、1名の被験者の眼球運動を計測するためには、光学式モーションキャプチャシステム(Motion Analysis社製)のカメラを6台必要となること、また計測の際には被験者に装着した同期用のケーブルの取り回しが必要になることが明確となり、より被験者および実験者にとって計測上の負担の少ない、生態学的妥当性の高いシステムを構築することも検討した。

次により簡便で可搬性の高いモーションキャプチャシステムを用いた計測を行った。



図2： 可搬性に優れたモーションキャプチャシステム

本システムを用いることで計測上の負担が少なく、より短時間で計測、フィードバックを行えることが明らかとなった。

課題1を通じて行った各種計測結果を踏まえ、改めて剣道の対峙場面での計測結果について検討を行い、課題2である熟練競技者に共通する知覚運動スキル特性について考察した。



図3： 面打時の状況(左図)と視線位置(右図)

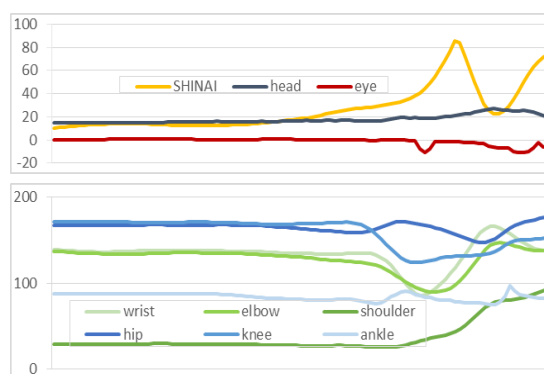


図4： 打突時の運動学データの時系列変化(上図：竹刀、頭部、眼球の矢状面角度、下図：手首、肘、肩、腰、膝、足首の矢状面角度)

剣道の面打時の各部位の時系列変化を見ると(図3, 4参照)、視線は常に相手の面中心に位置し、主に下半身と竹刀を動かしながら間合いを計り、竹刀の振り上げに応じて頭部矢状面角度が大きくなるにつれて、眼球矢状面角度が下がるといった協調関係が見られ、さらに他の身体部位との連携も行っていることから、熟練競技者特有の眼球-頭部-身体の関係性が見て取れる。『遠山の目付』とは、相手の動きに惑わされず、全体を大きく広くとらえるように相手の目(心)に目を向けて半眼で「観る」ことであり、剣道などでは相手の竹刀や打突部といった局所を見つめるのではなく、遠い山を望むように、相手の目を中心とした体全体をおおらかに見ることが良しとされている。関連する先行研究にも視支点(visual pivot)を用いて周辺視を活用しているボクシングや空手の例などがあり、熟練競技者は単に高速な眼球運動を行っているのではなく、環境に応じて広い視野を確保するために視線を安定的に保ちながら、身体運動との協調関係を促すための知覚運動連携を実現する、すなわち「見てから素早く正確に反応する」ための熟練メカニズムを有していることが示唆された。

課題3である潜在学習による知覚運動スキル獲得のための新たな学習方略の検討について、まずは熟練競技者であるプロのダーツ選手の眼球運動および身体運動を調査したところ、特にタスクの準備フェーズから試行フェーズにかけて一貫する動作パターンが見受けられ、眼球運動に関しては「タスクの最終動作を開始する直前まで、ターゲットに対して注していた時間(Vickers, 2007)」である Quiet Eye が長い特徴が顕著であった(図5: bull および内円に対する視線配置割合が高い)。

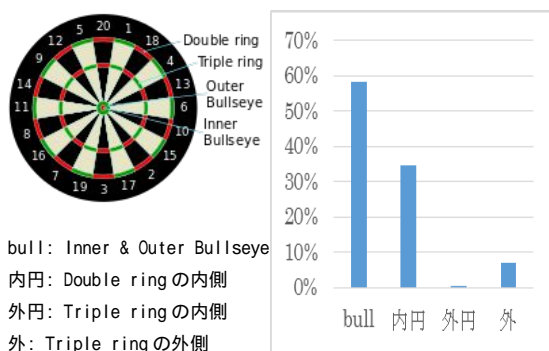


図5: ダーツボードに対する熟練者の視線配置割合(全 120 試行分)

さらに熟練競技者であるプロのダーツ選手(国内大会優勝者を含む)数名を対象とした予備調査結果をもとに、「紙飛行機を投げるようにダーツを投げる」というアナロジー教示を採用し、初心者である被験者に対してアナロジー教示を用いた潜在学習効果について検討を行った。その結果、特に投球腕の動作において顕著な変化が見られ、肩、肘、手首に装着した関節マーカの変位においては、初心者の学習前に比べ学習後ではよりスムーズな動きを行っており、熟練者のそれに近づく振る舞いを見ることができた(図6)。

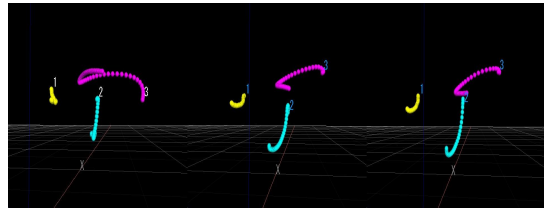


図6: ダーツ投球時の肩(黄色)・肘(水色)・手首(紫色)の移動軌跡(左から熟練者、初心者の学習後、初心者の学習前)

さらに肘関節に着目すると、熟練者は肘の移動変位が少なく、いわゆる無駄な動きを行わずに投球動作をしており、初心者の学習後でも学習前に比べて積算移動距離が短くなっていることから、潜在学習により効率の良い投球動作を獲得できることが示唆された(図7)。

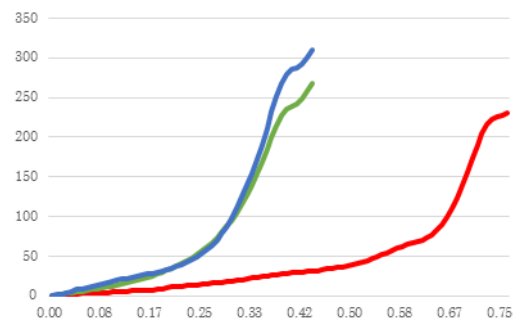


図7: ダーツ投球時の肘積算移動距離(mm) 赤:熟練者、緑:初心者の学習後、青:初心者の学習前)

本研究では各種スポーツ競技者の知覚運動スキルの評価を行い、訓練するためのトレーニングシステムの開発を目指した。またその過程において熟練競技者の有する知覚運動スキル特性について検討を行った。さらに新たな運動学習方略としてアナロジーの利用方法について考察を行った。各課題において得られた成果は多大であるが、同時により詳細な実験を行うことの課題が明確となった。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

加藤貴昭, 熟練スポーツ競技者の眼球運動, 臨床スポーツ医学, 32/ 12, 1156-1162, 2015, 査読無し

加藤貴昭, 中本浩揮, 福原和伸, 國部雅大, 永野智久, 「先を見る」ための視覚システムと実践的な取り組み, バイオメカニクス研究, 19/ 3, 150-157, 2015, 査読無し

加藤貴昭, 知覚 運動スキルから見るスポーツの熟練パフォーマンス, KEIO SFC JOURNAL, 14/ 2, 42-56, 2015, 査読あり

[学会発表](計 2 件)

Kato, T., Looking at a far away mountain in Kendo: eye, head, and body coordination under natural condition. 18th European Conference on Eye Movements, 2015/08/17, Vienna, Austria.

Kato, T., Vision and action in Kendo: experimental consideration of "Enzan no Metsuke", 7th Asian-South Pacific Association of Sport Psychology International Congress, 2014/07/09, Tokyo.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 貴昭 (KATO TAKAAKI)
慶應義塾大学・環境情報学部・准教授
研究者番号: 30365481

(2) 研究分担者

永野 智久 (NAGANO TOMOHISA)
慶應義塾大学・総合政策学部・講師
研究者番号: 10424194